وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية / كلية التربية
قسم الكيمياء

أسباب التلوث في محطات تنقيه مياه الشرب RO

بحث مقدم الى مجلس قسم الكيمياء
كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الكيمياء
من قبل الطالبتان

نور كامل كاظم

شيماء شمران فارس

=

بأشراف

أ . م . د يسرى عمران موسى

1439 هـ 2018م

بسم الله الرحمن الرحيم

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ

أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

صدق الله العلي العظيم

البقرة : اية (32)

أ

الاهداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك . ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك .

(الله جل جلاله)

إلى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة ... ونصح الأمة ... ال بني الرحمة ونور العالمين ...

سيدنا محمد " صلى الله عليه واله وسلم "

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار ... الى من علمني العطاء بدون انتظار..

الى من أحمل اسمه بكل افتخار ... أرجو من الله ان يمد في عمرك ونراك على خير و لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد والى الأبد " والدي العزيز "

الى ملاكي في الحياة ... الى معنى الحب والى معنى الحنان والتفاني ... الى سمة الحياة وسر الوجود ... الى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي الى اغلى الحبايب " أمي الحبيبة "

بكل الاحترام والتقدير يسرنا ان نرفع اخلص كلمات الشكر والعرفان الى (أ . م . د يسرى عمران موسى)

التي كانت عونا" لي بعد الله في انجاز كتابة بحث التخرج والحصول على شهادة البكالوريوس في الكيمياء سائلين المولى عز وجل ان يحفظها ويسدد خطاها وان يتفضل عليها بالخير حيث كانت

كما اتوجه بالشكر والتقدير الى رئاسة القسم والاساتذة الافاضل

الجزء الاول

RO- REVERCE OSMOSIS SYSTEM

RO- REVERCE OSMOSIS SYSTEM

فكرة عمل الجهاز

تقوم الفكرة الاساسية لعمل الجهاز على اساس نظرية التناضح العكسي (النفاذية العكسية) **من** خلال ممرين (مادة سليولوزية ذات طبيعة شبه منفذ وبدون اي تدخلات كيميائية) **وذلك بعد** إحكام التخلص من كافة الملوثات والشوائب والعوالق الدقيقة والمواد العضوية واية آثار لتفاعلات الكلور مع المركبات الكيميائية المنتجة عن التلوث الزراعي والصناعي وأهمها الهيدروكربونات المكلورة والتراي هالوميثان **والتي تعد من المسرطنات ولا نغفل عن أن** وجود عنصر الألومنيوم بالماء (الناتج المتبقي من معالجة المياه بالشبة)

ثبت علمياً أنه السبب الرئيسي لمرض الزهايمر

الغرض من استخدام الجهاز

الغرض الأساسي من الجهاز هو التنقية والتعقيم الكلي للمياه والتخلص من (البكتيريا – البكتيريا المتحوصلة – الفيروسات – الفطريات ....)

وذلك في بيئة المياه التي تصل ملوحتها حتى 1500 جزء بالمليون سواء (مياه الصنبور او مياه الآبار) مع انتاج معدل من المياه الطبيعية عالية النقاء بإنتاج يومي يبدا من 180 **لتر /** يوم - مع الإمكانيات الكاملة لتقديم نفس المواصفات القياسية لتنفيذ محطات ذات كفاءة وقدرة انتاجية عالية تبدأ من 10**م**^{3} يوميا للجهات العامة والخاصة والمستشفيات والمصانع والفنادق والشركات الصناعية والخدمية الكبرى

لتر / يومي RO6 +180

مكونات الجهاز

يتكون الجهاز من ستة مراحل أساسية

- فلتر ميكروني من البولى بروبلين و بمسامية 5 ميكرون لعمل ترشيح دقيق لكافة الشوائب والعوالق
- فلتر كربوني من حبيبات الكربون النشط عالي الجودة لامتزاز المواد العضوية والكيمياويات
- فلتر كربوني مسمط بمسامية 5 ميكروم (كما يمكن استبداله بأخر 1 ميكرون من البولى بروبلين حسب نتائج التحليل)
- الممبرين هو غشاء من السليلوز الطبيعي يعمل بنظام الضغط الاسموزي العكسي بنفاذية 0.0001 ميكرون [بدون اي تدخل كيميائي]

لستخدام معدلت التناضح العكسي (في تحلية المياه)

DESALINATION BY RESERVE OSMOSIS

1- مقدمة :-

تعتبر تكنولوجيا ازالة الملوحة من التقنيات الهامة في مجال معالجة المياه والتي برزت كحاجة ملحة و ضرورية لتوسع مصادر المياه و عدم الاعتماد على المصادر القديمة والتي كانت تستخدم قديماً لسد حاجات الإنسان المختلفة و كانت تفي بهذا الغرض .

إن هناك أسباب عديدة لتطوير تقنيات ازالة الملوحة بحيث اصبحت خياراً لابديل له في الكثير من الاستخدامات و التطبيقات . ولعل أهمها تزايد عدد السكان تزايداً كبيراً. بحيث لم تعد المصادر القديمة المعروفة تفي و تلبي حاجات هؤلاء السكان بشكل سليم مما حدا العلماء محاولاتهم لاستغلال مياه البحار و المحيطات و التي شكلت نسبة 75% من مساحة الكرة الارضية والتي ادت هذه المحاولات الى نتائج مذهلة من خلال التوصل الى تقنيات متطورة تعتمد على مبادئ علمية بسيطة .

إن حاجات الإنسان متنوعة على راسها الاستخدامات البيئية وخاصة الشرب والطبخ ....الخ وهناك الاستخدامات الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من المياه لاغراض التسخين و التبريد ...الخ .

واخيـــراً الاســـتخدامات الزراعيـــة والتـــي تتطلـــب نوعيـــة خاصـــة مـــن الميـــاه لـــري المزروعات المختلفة

أن مفهوم إزالة الملوحة (DESALINATION) يقصد به تقليل نسبة الملوحة الذائبـــة فـــي الميـــاه مـــن خـــلال اتبـــاع الطـــرق و الوســـائل التكنولوجيـــة المختلفـــة الى الحد المطابق للمواصفات المرغوبة .

وعمليـــة ازالـــة الملوحـــة تختلـــف احيانـــاً للغـــرض المطلـــوب فازالـــة الملوحـــة لأغـــراض الـــشرب قـــد تختلـــف طرقهـــا واســـاليبها عـــن ازالـــة الملوحـــة للأغـــراض الزراعية و الصناعية .

وفـــي هـــذه الوحـــدة نـــستعرض الطـــرق المختلفـــة احيانـــاً لازالـــة الملوحـــة او التحليـــه و مـــن ثـــم نركـــز الحـــديث علـــى تكنولوجيـــا التناضـــح العكـــسي (الاسموزية) (REVERSW OSMOSIS)

ومبادئها و تطبيقاتها وأهميتها ...

2-طرق ازالة الملوحة (غلية المياه)

اســتطاع العلمــاء مــن التوصــل إلــى طــرق متنوعــة لإزالــة ملوحــة ميــاه البحــار و ســوف نــستعرض أهــم هــذه الطــرق قبــل الــدخول الــى مواضــيع التناضــح العكــسي .

(2-1) الانتشار الغشائي الكهربائي ((الديلزة الكهربائية))

تعد تكنولوجيا قديمة نسبيا تعتمد على انتقال الأيونات الموجبة الموجودة في المياه عبر غشاء شبه نفاذ يدعى الغشاء الكاتيوني (CATIONISNENBRANC)

والذي لايسمح الا بامرار الايونات الموجبة و يتم هذا باستعمال قطب كهربائي سالب (CATHOD)

وفي المقابل تنتقل الأيونات السالبة عبر غشاء انبوبي (ANIONIC MEMBRANE)

منجذبة نحو القطب الموجب (ANOD) وفي النهاية يبقى الماء الحلو بين الغشائين ويتم تجميعه و سحبه من الوحدات و هكذا تستمر العملية ..

وهناك عوامل عديدة أدت إلى انتشار هذه الطريقة كأرتفاع الاسعار للأغشية و تكاليف التشغيل و الصيانة و تغير الصفات الكيميائية و الفيزيائية للمياه مثل ارتفاع القلوية و التي تساعد على حدوث الترسبات الكلسية في الاوعية و الانابيب .

(2-2) التبادل الأيوني (ION EXCHANGE)

تعد من التقنيات الحديثة والتي أصبحت كثير الانتشار والتي تعتمد على وجود مواد كيميائية تدعى رزن (RESEN) تستطع القيام بعملية التبادل الايوني بين الذرات المتحدة معها و الايونات الموجودة في المياه و استقطابها و عزلها عن المياه و تسجل عمليات التبادل الأيوني اساساً في المياه الصناعية ذات تركيز القليل الأملاح لكنها لا تستخدم لازالة الملوحة للمياه المالحة التي تحتوي على تركيز مرتفعة من الأملاح كمياه البحار .

(3-2) التحلية بالتجميد (Freezing)

وتعتمد هذه الطريقة على ان المياه المالح عندما يتجمد في وعاء خاص للبلورة ينفصل الى بلورات من الثلج النقي تبقى عالقة في المحلول الملحي و يتم سحب هذه البلورات خارج الوعاء و تنظيفها للحصول على المياه الحلوة .

يمكن استعمال سوائل التبريد لاحداث عملية التجميد مثل البيوتان والتي لا تذوب في المياه و تساعد في عملية التجميد و تتحد مع المياه على شكل بلورات يتم عزلها عن الوعاء ثم يتبخر البيوتان على درجة (5- °) لسبب صهر الثلج و الحصول على المياه الحلوة ..

(2-4) التقطير (Distillation)

و هي العملية التي كانت تستعمل ولاتزال على نطاق واسع لازالة الملوحة لتحلية مياه البحار في العديد من الدول التي تعاني نقصاً في المياه الحلوة وقد اخذت هذه التقنية في الوقت الحالي بالتراجع بسبب ارتفاع الأسعار والمشاكل الصناعية المترتبة على استعمالها واخذت تقنيات التناضح العكسي (R.O) تحل مكانها

(2-5) الاستخلاص (Extraction)

هو عبارة عن استخدام مواد كيميائية قادرة على استخلاص الماء النقي من المحلول الملحي وإذابته وعزله منه وبعدها يتم عزل الماء عن هذه المادة بالتسخين او التبريد ومن اشهر المواد الكيميائية المستخدمة لهذا الغرض مادة ثلاثي ايثيل / ميل القادرة على إذابة الماء بنسبة (30%) وزناً عند درجة حرارة (20م) يتم ادخال الماء المالح الى عمود الاستخلاص من الاعلى بينما يدخل المذيب من الاسفل حيث يوم باستخلاص الماء النقي من المحلول الملحي في درجة حرارة (20م) وينقل المزيج هذا الى عمود الفصل حيث يتم رفع درجة الحرارة إلى (50م) لترسب الماء في الاسفل وسحبه وتجميعه بينما يتم اعادة المذيب بعد تبريده الى عمود الاستخلاص تعتبر هذه الطريقة من الطرق المختبرية التي لم تنتشر بسبب الصعوبات في التشغيل وخطورة بقايا من المادة المذيبة في المياه في الماء المستخلص

(2-6) التناضح العكسي (Reveres Osmosis)

تعد احدث طرق التحليل وهي من انجح التقنيات واقلها كلفة وتعتمد بالدرجة الرئيسية على انتقال المياه الحلوة من المحلول المالح المركز إلى المحلول المنخفض التركيز من خلال غشاء شبه نفاذ باستخدام الضغط الاسموزي العكسي

3. تصنيف المياه حسب ملوحتها :-

يتم تصنيف المياه حسب محتوياتها من الأملاح الذائبة الى الاصناف الاتية

- المياه العذبة والتي تتراوح ملوحتها بين (100-1000 ملغم / لتر)
- المياه المالحة (Salt Water) مثل ملاح البحار والمحيطات وتحتوي حوالي (35000 ملغم / لتر) من الأملاح الصلبة الذائبة
- ويقع ما بين المياه المالحة والمياه العذبة المياه شبه المالحة مثل بعض مياه الابار الجوفية والتي قد تصل نسبة ملوحتها الى (10.000 ملغم / لتر) وتسمى هذه المياه احياناً بالمياه المسوس(Brackish water)
- أما المياه النقية Purified Water : فهي التي لا تحتوي على املاح ذائبة تقريبا وهي لاتتوفر في الطبيعة حيث يتم تحضيرها صناعياً

4. تكنولوجيا التناضح العكسي Reverse Osmosis Technology

(4-1) مفهوم التناضح العكسي

هو عملية فيزيائية ينتقل من خلالها الماء من وسط مرتفع التركيز الى وسط منخفض التركيز من خلال غشاء شبه نفاذ عن طريق استخدام ضغط على المحلول المركز يزيد عن الضغط الأسموزي . من المعروف في الوضع الطبيعي عند عزل محلولين الاول مركز والثاني منخفض بغشاء شبه نفاذ فإن هذا النظام يميل بحكم القوانين الطبيعية الى تكوين توازن في تركيز المحلولين وذلك من خلال عبور الماء النقي من المحلول المنخفض الى المحلول المركز ويستمر هذا العبور حتى يتقارب تركيز المحلولين ، تسمى هذه العملية بالتدفق التناضحي (التدفق الاسموزي) ونتيجة لهذا الحدث سوف يختل الاتزان الحجمي او الاوانية المستطرقة لصالح المحلول المركز ، عندما يكون التدفق مساوياً للصفر فإننا نقول انهُ قد حدث اتزان لسموزي .

أنّ اختلاف الارتفاع بين عمودي السائل يتناسب مع محتوى الملح الابتدائي للمحلول ويعبر عن الضغط الناتج من هذه الظاهرة بالضعف الاسموزي والان اذا طبقنا ضغطاً معاكساً على الجزء الحاوي على المحلول المركز بحيث يكون اعلى من قيمة الضغط الاسموزي فإن اتجاه التدفق سينعكس اي ان الماء ينتقل من المحلول المركز الى المحلول المخفف بواسطة غشاء ، ونتيجة لذلك يزداد

تركيز الملح في المحلول ويزداد الضغط الاسموزي ويسمى الضغط المطبق على المحلول المركز بالضغط الاسموزي العكسي من السهل ان نستنتج كيفية استغلال هذه الظاهرة في تحلية الماء المالح في درجات الحرارة العادية ودون اي اضافات كيمياوية كل ما تتطلبه العملية هي إمرار الماء المالح من خلال أغشية شبه نفاذة بواسطة توليد ضغط على هذا الماء ليخرج الماء النقي فقط خلال الغشاء بينما يتم حجز الماء المالح وراء الغشاء

(4-ب) أنواع الأغشية المستخدمة في التناضح العكسي خصائصها وتركيبها

(4ب-1) المادة التي تصنع منها الاغشية

طورت الكثير من الاغشية التي تستخدم في عمليات الفصل الغشائي إلى ان معظم هذه الاغشية صنع اساساً من مادة البولي امايد أو من مادة اسيتات السيليلوز .

كان هناك بعض الاغشية تصنع من مادة البولي فينيل الكحول او من بعض المبلمرات البلاستيكية مثل النايلون أو الكلوديون إلا أن مادتي السيليلوز والبولي امايد اصبحتا البدائل السليمة تقنياً واقتصر استعمال الانواع الاخرى على الاستعمالات الخاصة

وقد تطورت أغشية من مادة ثنائي وثلاثي اسيتات السيليلوز تلبي الحاجات الصناعية المتعددة من اهم مشاكل اغشية السيليلوز تأثيرها القوي في التلوث البيولوجي مثل الطحالب والبكتيريا حيث يسبب انسدادها وحاجتها للغسل الكيمياوي او المعالجة المستقية بالتعقيم

تتاثر اغشية السيليلوز كذلك بحموضة كثيراً بسبب تعرضها للسمية في درجات حموضة قليلة او قاعديه .

لكن تتميز اغشية السيليلوز بعدم التاثر الكبير للعوامل المؤكسدة مثل الكلورين ومركباته المختلفة وفي المقابل تتميز اغشية البولي ايمايد بالقدره على تحمل درجات حموضة واسعة (من 4 – 11) وكذلك تشمل التباين في درجات الحموضة خلال عمليات التشغيل والغسيل الكيمياوي الا ان المشكلة الرئيسية في هذه الاغشية حساسيتها وتاثرها بالعوامل المؤكسدة القوية مثل الكلورين الذي يعمل على إتلاف الغشاء حتى على تركيز (0.1 ملغم/لتر) . (0.1 PPM)

وخبرات قام بها المصنعون في مجال تصنيع الاغشية وبسبب المواصفات التي تتفوق بها مادة البولي ايمايد على مادة السيليلوز فان العديد من الوحدات الصناعية تستعمل اغشية البولي ايمايد اكثر من مادة السيليلوز . ان الاغشية المهمة لتحلية مياه البحر لديها القدرة على احتجاز المياه المالحة اكثر من الاغشية المستخدمة لتحلية المياه الجوفية شبه المالحة وقادرة على تحمل ضغوط عالية قد تصل الى اكثر من (80 بار) .

(4 –ب – 2) تركيب الاغشية الصناعية

تتكون أغشية التناضح العكسي من حلقتين عليا تكون كثيفة ورقيقة وهي الطبقة المسؤولة عن التحلية والسفلى تكون سميكة وتمثل تقريب 99,9% من مادة الغشاء وهي طبقة اسفنجية تسمح بعبور جزيئات الماء والمبلع على السواء وتبلغ السماكة الكلية للغشاء 125 مايكرون تقريباً

وتتم صناعة الاغشية على نوعين اساسين

1. **الأغشية اللولبية الملتفة (Spiral Wound)**
2. **الأغشية ذات الخيوط المفرغة (Hollow Fiber)**

هناك النوع التقليدي القديم التي هي الاغشية الاسطوانية (Tubular) يكون فيهما الغشاء على شكل انبوب يدخل في اسطوانة مسامية تعمل بمثابة دعامة للغشاء حيث يعبر الماء من الغلاف وينساب من خلال ثقوب في الاسطوانة حيث يتم جمعه بينما يبقى الماء المعالج خارج الأنبوب والغشاء .تتميز الوحدات الاسطوانية بسهولة تنظيفها إلا أن أهم مساوئها هو ارتفاع نسبة الحجم الى مساحة السطح بينما يلزم تقليل الحجم لزيادة الضغط اللازم لتوليده على هذه الاغشية لذا لم يعد استعمال هذه الاغشية شائعاً

اما الأغشية اللولبية (Spiral Wound) هي تطوير الاغشية الأسطوانية حيث يتم وضع غلاف مسامي غير قابل للانضغاط بين صفيحتين من

الأغشية ملتصقتين بحوافرهما حول الغلاف المسامي بمادة لاصقة ويلف الشريط الناتج اللولبين حول انبوب ذوفتحات .

يوضع المحلول الملحي تحت ضغط في وحدة التناضح حيث يمر محورياً على امتداد طول الغشاء من خلال دعامة نفاذة (Spacer) الى الشريط اللولبي ماراً خلال الغشاء الى الغلاف المسامي الذي يقوم بتجميع الماء من طبقات الاغشية وينقلها الى انبوب التجميع المركزي

من خلال فتحات صغيرة على طول الانبوب .

وهناك الاغشية ذات الخيوط المفرغة (Hollow Fiber)

هي عبارة عن عدد هائل من الألياف المجوفة (أرفع من شعر الانسان) مرتبة على شكل حرف (u) حول أنبوب مسامي مركزي حيث يدخل من خلاله الماء المالح تحت الضغط وينقسم بالتساوي فوق سطح الأنبوب . يعمل الضغط على إجبار الماء العبور من خلال جدران الألياف الى الفراغ الداخلي لها ومن هناك يتم جريان الماء الى طرفي الخيط المفرغ المفتوحين الى صفيحة تجميع للمياه المعالجة في الجهة المعاكسة لدخول المياه المالحة - بينما الماء المركز بالملاح يسري من خلال قناة دائرية على المحيط الخارجي لهيكل الخيوط ثم تخرج من نفس جهة دخول الخام الى التصريف

الجزء الثاني

مراحل التنقية والتعقيم للنظام (RO6)

م/ مراحل التنقية والتعقيم للنظام (RO6)

مع توضيح لكل مرحلة على حدة

المرحلة الأولى :- تعمل هذه المرحلة على عزل الشوائب والحصى والرمل والطمي واية مواد او اجسام غير ذائبة بالماء من خلال استخدام الخزانات والشبكة المتهاكة ، فلتر من البولي بروبلين بمسامية 5 ميكرون (كريات الام الحمراء 7 ميكرون) 2 :3 أشهر

المرحلة الثانية :- امتصاص الكلور وامتزاز المواد العضوية والكيميائية من اطار تلوث المياه بالاسمدة والمبيدات الزراعية ، فلتر كربون اولى من حبيبات الكربون الحر 6 : 5

المرحلة الثالثة :- عادة التأكيد على المرحلتين السابقتين الأولى والثانية للتأكد من عزل وامتزاز بقايا المواد العضوية والمتراكبات الكيميائية من آثار التلوث الزراعي والصناعي وإتمام التخلص من الكلور واللون والطعم والرائحة . فلتر كربون عالي القاء (بلوك) 9:8 أشهر

المرحلة الرابعة :- إزالة الأملاح الذائبة في الماء والفائضة عن حاجة الجسم والتخلص نهائياً من العناصر الثقيلة غير المرغوب بها الناتجة عن الملوحة الصناعية ، وحدة الممبرين غشاء تحلية من السليلوز الطبيعي بنفاذية (0.0001 ميكرون) 3:2**سنوات**

المرحلة الخامسة :- التأكيد على اعادة المياه الى حالتها الطبيعية الكريستالية الشكل وجعل المياه في صورتها البلورية الطبيعية الأكثر استساغة مع والإحساس بالارتواء . فلتر نهائي من حبيبات الكربون الطبيعي النشط والمصنعة من قشور جوز الهند 2 :**سنة**

المرحلة السادسة :- وحدة إضافية تلحق بالوحدة للاغراض الطبية والصحية او في حالة رغبة العميل لاضافتها للوحدة فلتر بكتيري 2:**سنة**

بالنسبة للاليياف المفرغة (Hollow Fiber) فلها قطر داخلي يبلغ حوالي (40 - 50) مايكرون وقطر خارجي يبلغ حوالي(85 - 100) مايكرون ويتميز هذا النوع بفائدة أساسية وهي زيادة نسبة المساحة التي يمر بها الماء الى حجم الأليياف حيث تصل الى 5000 قدم مربع لكل قدم مكعب من

الخيـوط بينمـا هـذه النـسبة فـي النـوع اللـولبي تكـون حـول 300 قـدم مربـع لكـل قدم مكعب

الاجزاء الرئيسية لوحدة التناضح العكسي

بالرغم من وجود تصاميم مختلفة لوحدة التناضح العكسي الا انها تشترك في الاجزاء الرئيسية الاتية :-

أ . الغشاء المسؤول عن عملية الانتشار الغشائي (Membrane) :-

الـذي يعتمـد اختيـاره علـى نـوع المـاء المـالح والمـاء المـراد انتاجـه وقـد اسـلفنا الحديث عن انواعه وتركيبه

ب. وحدة المعالجة المسبقة (Unit Pre treatment) :-

تعتمد على الملوحات الموجودة في الماء ومدى حساسية الغشاء لها

ج. وحدات المعالجة الاحقة (Post - Treatment Unit) :-

وهـي تعمـل علـى اعـادة ضـبط الخـصائص للمـاء الفيزيائيـة والكيميائيـة وهـي مرتبطة ارتباطاً قوياً بوحدات المعالجة المسبقة .

د. مضخة الضغط العالي (High Pressure Pump) :-

حيـث تـستعمل مـضخات لهـا القـدرة علـى انتـاج ضـغط عـالي يكفـي لتمريـر المـاء النقـي خـلال الغـشاء وحجـز الأمـلاح ، تـستعمل عـادة مـضخات طـاردة عـن المركـز او مـضخات ذات الازاحـة الموجبـة مثـل المـضخات ذات المكـبس

ويتوقف اختيار نوع المضخة على نوعية الماء المالح ودرجة ملوحته فكلما كانت درجة الملوحة مرتفعة كلن الضغط المطلوب مرتفعاً .

ان زيادة الضغط تؤدي الى الحصول على انتاجية اعلى من الماء الحلو لكن على حساب نوعية هذه المياه بمعنى ان نسبة الاملاح الذائبة في الماء الناتج سترتفع وتستعمل عادة ضغوط تتناسب مع قوة ومتانة الغشاء وفي حالة تجاوز هذا الضغوط ستكون النتيجة تلف الغشاء وتهشمه كما ان استعمال ضغوط منخفضة غير مناسبة لهذا الغشاء قد تخفض من انتاجية الوحدة وانخفاض كفائتها كقاعدة عامة تستعمل مضخات ذات ضغوط تتراوح ما بين 17 - 25 بار اذا كانت ملوحة الماء متوسطة مثل مياه الابار المالحة وتستعمل ضغوط تتراوح مابين 45- 80 بار اذا كان الماء مالحاً جدا مثل ماء البحار بينما تستعمل ضغوط اقل من 17 بار للمياه القليلة الملوحة

هـ . الغلاف الخارجي - البيت (Housing)

وهو الغلاف الذي يوجد بداخله الغشاء ويكون مصنوع من مواد ذات ضغوط عالية للماء المالح من جهة وتتحمل العوامل الكيميائية والتكاثر البيولوجي .

ومن اهم هذه المواد مادة البولي فينيل كلور ايد (PVC) او مادة الصوف الزجاجي المقوى بالنايلون او مادة الفولاذ المقاوم للصدأ والتآكل Stainless Steel

ويتم عادة وضع ستة اغشية ملفوفة في كل منزل او غلاف خارجي في الوحدات الكبيرة بينما يوضع غشاء واحد في المنظومات الصغيرة

و. التوصيلات والأنابيب pipes & Fitting .

ويجب ان تكون هذه الموصلات مكونة من مواد قادرة على مقاومة الضغط العالي التآكل والصدأ وبخاصة الانابيب والموصلات التي تضم الماء العذب شبه الخالي من الاملاح حيث تكثر فرص التاكل والصدأ بسبب امكانية هذا الماء على اذابة السطوح الداخلية للمعدن

المصنوعة من هذه الانابيب لذا يستحسن استخدام انابيب مصنوعه من مواد بلاستيكية مثل (PVC) ، او مواد ضد التاكل مثل الفولاذ المقاوم للصدأ Stainless Steel

ز. اجهزة القياس والمراقبة والتحكم Instrumentation ، Monitoring & control

تعتبر هذه الأجهزة غاية الأهمية في عمليات الاوزموزية العكسية لأنها تلعب دور مهم في انتاجية الوحدة واستمرارية عملها وتحديد طبيعة المعالجات السابقة واللاحقة وتهيئة الغسيل الكيميائي .

كما تحوي وحدات الاوزموزية العكسية على صمام تحكم أوتوماتيكي للضغط (الواطى) low pressure switch يتم تثبيته على مدخل الماء إلى الوحدة ويعمل هذا الصمام على ايقاف عمل المضخة في حالة هبوط ضغط الماء نتيجة توقف او قلة تدفق الماء عن المستوى المطلوب .

وهناك صمام اخر يتم وضعه على مخرج الماء من الوحدة للضغط العالي حيث يعمل على إيقاف المضخة في حال ارتفاع ضغط الماء بسبب ملء خزان التجميع للماء المصحح او اغلاق في انبوب الماء الصادر

تحتوي اكثر وحدات الاوزموزية العكسية على صمام تحكم على خط الماء المالح المركز لتحديد كمية الماء العذب (الصادر) الى الماء المالح (العاقد)

(4- د) وحدة المعالجة الكيمائية المسبقة Pre Treatment Unit

ان الهدف الاساي من عمليات المعالجة المسبقة هي حماية وحدة التناضح من التلوث الذي يعيق عملها بكفاءة وقد تسبب تعطلها وخروجها عن عملها

ولعل اهم جزء نحتاج لوقايته من وحدة التناضح هو الغشاء الذي يبدي انفعال بالغ للملوثات الكيميائية والبيلوجية ويعتبر ذا كفلة عالية قياساً الاجزاء الاخرى

1. الكلورين الذي يسبب في حدوث تحطم كامل وتلف للاغشية وخصوصا اغشية البولي - امايد ، حتى عند تركيز 0.1 **ملغم / لتر**
2. الرمل والاتربة والشوائب التي تسبب ترسبات غروية تعمل على **انسداد مسامات الغشاء**
3. عسرة الماء والسبب في حدوثها املاح الكالسيوم والمغنيوم تشترك عسرة الماء مع وجود مركبات السيليكا في انسداد مسامات الغشاء والسبب في ذلك تكوين طبقة من القشور تسمى Scales
4. التلوث البكتيري والعضوي من خلال تكدس خلايا البكتريا والطحالب **الخضراء على سطح الغشاء وفي** الغلاف الاسطواني المحيط بالغشاء

ينتج عنها انسداد المسامات وتسمم التراكمات العضوية Bio-foulling والتي تسبب ايضا التأكل وافراز المواد الكيميائية السامة

(4 - هـ) وحدة المعالجة الكيميائية اللاحقة Post - Treatment Unit

في أغلب المحطات التي تستعمل احماضا لمعالجة المياه الخام وتكون المعالجه اللاحقة هي تصحيح درجة الحموضة . اذا تطلب الامر بإضافة مادة قلوية وذلك لحماية الانابيب. والتوصيلات الخارجة من الوحدة

ويمكن ان تتم المعالجة واضافة الصودا الكاوية للوصول الى توازن بين حامض اكربونيك والكلس ومن ثم يمكن استخدام طارد ثنائي اكسيد الكاربون DE carbonator

كما تتم اعادة تنقية الماء الصادر بأحدى الطرق التقنية اذا كان المطلوب انتاج مياه صالحة للشرب ويتم اعادة التنقية بأستخادم الكلورين اذا كانت المحطة ذات انتاجية كبيرة ويمكن استعمال الاشعة الفوق البنفسجية والاوزون في الوحدات المتوسطة لانتاج او الوحدات البيئية

(4- ز) التطف التكنولوجي لوحدات التناضح العكسي

تستعمل وحدات الاوزوموزية العكسية في تطبيقات كثيرة واهمها في تحلية مياه البحر والمياه الجوفية وتكون الغاية من التحلية اما لأغراض الشرب او الزراعة لدى المحاصيل او الصناعات وبخاصة في مصافي النفط حيث تقوم وحدة R.O بخفض ملوحة المياه من تركيز يكثر عن 3000 **ملغم** / لتر الى تركيز يصل الى 300 **ملغم** / لتر قبل ادخاله الى وحدات التبادل الايوني والتي تستخدم في تخفيض الملوحة من 1 **مغلم** / لتر قبل ادخالة الى مراحل البخارية ذات الضغط المرتفع .

بالنسبة للوحدات الصناعية فتكون الوحدة غالبا من عمود واحد او عدد من الاعمدة يتحوي كل واحد منها على غشاء واحد حيث يتم ربط البعض من

هذه الاعمدة مع بعضها على التوازي لجمع الماء العذب بينما يتم استغلال عدد اخر من الاعمدة لاعادة تكرير الماء المالح

يمكن ان تكون الوحدة عبارة عن عدد من الاعمدة الاسطوانية بحيث يمكن وضع ستة اغشية في عمواد واحد وتترابط مع بعضها البعض من خلال انبوب وصل (CONNECION) وتسمى O-Ring

وفي داخل العمود الواحد تتم عمليات المعالجة على التوازي بالنسبة للماء المعالج بمعنى اخر ان الماء النقي الخارج من الغشاء الاول لايتم معالجة في الغشاء الثاني وانما يكمل سيره عبر الانبوب المركزي الى قناة التجميع الرئيسية للعمود بشكل عام

اما الماء المالح المركز الناتج في الغشاء الاول فيتم ادخالة الى الغشاء الثاني وتتم العملية الى ان يتم تجميع ماء شديد الملوحة صادر عن الغشاء الاخير ليتم تجميعة في قناة خاصة بالماء المالح فبذلك يكون لدينا في كل وحدة تيار مغذي (Feed) وتيار الماء العذب Permeate وتيار الماء المالح Concentrate .

هذا ويمكن استغلال الماء المالح المركز وادخالة على مرحلة معالجة اخرى لتقيل الفاقد من الماء وفي هذه الحالة تعتبر عملية متعددة المراحل – Multi Stage حيث يتم في العادة تركيب وحدة فيها ثلاثة اعمدة للمرحلة الاولى

وعمودين مثلاً للمرحلة الثانية وهذا يرفع من كفاءة وانتاجية الوحدة ويخفض فاقد الماء .

والتي تبين مواصفات مياه البحر قبل وبعد المعالجة ونتائج التحليل المختبري والطاقة الانتاجية لانواع من اجهزة R.O

يفي ان نشير ان الماء المالح المركز النهائي يتم التخلص منه بأرسالة الى وحدة الصرف الصناعي في المحطة ولايجوز تصريفة في شبكات الصرف الصحي قبل تخفيفة او معالجتة لما في ذلك من مخالفة للقوانين والانظمة البيئية ، وفي وحدات التحلية البيئية يتم استخدام فلاتر كربونية وفلاتر الشمعة بعدة مراحل قبل ادخال الماء الى الغشاء ويمكن استعمال فلتر كربوني لاحق Post – Filter وشمعة اضافة المعادن لضبط نسبة الاملاح المعدنية اضافة انبوب UU لتعقيم الماء قبل تداولة وتقدر انتاجية هذه الوحدة (150 – 250 لتر / يوم)

ويراعى في الوحدات البيئية على استمرار عمل الغشاء وذلك عن طريق خفض قيمة للمردود Recovery ، الى اقل من 33% حيث يعطي الجهاز لتراً من المياه العذبة وينفر 2 لتر من الماء المالح وبذلك يمكن الاستغاء عن عمليات المعالجة الكيميائية المكلفة ويتم اعادة استبدال الغشاء على ثلاثة سنوات وفي مثل هذه الحالة يمكن استعمال جهاز سوفتر صغير لادامه عمر الاغشية وحمايتها من التكلس

(4-ح) تحديد كفاءة الوحدة التشغيلية

يتم تحديد كفاءة الوحدات الاوزوموزية العكسية من خلال ثلاثة محددات هامة

(4 – ح – 1) نسبة المردود او الانتاجية (Recover)

وهي النسبة المئوية لكمية المياه العذبة الناتجة الى كمية المياه المغذية للوحدة

في الشكل (24) والذي يبين مخططا لنقطة R.Oاذا ارمزنا

لكمية الماء المغذية للوحدة بالحرف (F)

كمية الماء المعذبة الناتجة بالحرف (p)

كمية الماء المالحة المركزي الناتجة بالحرف (c)

فأنه يمكننا التعبير عن المردود بالمعادلة التالية :-

$$\text{Recovery} = \frac{\text{كمية المياه العذبة الناتجة}}{\text{كمية المياه المغذية للوحدة}} \times 100\%$$

$$\% X \frac{P}{F}$$

و تتفاوت نسبة المردود لوحدات التحلية فهي اقل مايمكن لوحدة التحلية مياء البحر حيث تقل الى اقل من 33% بينما تزداد و قد تصل الى 80% لوحدات تحلية المياه متوسطة الملوحة .

لكن كقاعددة عامة فان مردود تحلية مياه البحر Sea water تتراوح مابين (30-45)% بينما للمياه متوسطة الملوحة Brackish فهي تتراوح مابين (50-80)% .

ومن المعروف ان نسبة المردود تعبر عن نسبه الماء الذي تم معالجته و اصلاحه كما تعطي فكرة عن الماء المالح الذي تم التخلص منه مثلاً اذا تم ادخال 15 لتر من الماء الى الوحدة و كانت نسبة المردود تبلغ 40% فان ذلك يعني 4 لترات فقط تم تحويها الى ماء عذب بينما تم انفار 6 لترات من الماء المالح المركز .

(4-ح-2) نسبة التخلص من الاملاح Rejection

تعبر عن نسبة التخلص من الاملاح الذائبة من الماء المراد تحليته و بالتالي تعبر عن مدى كفاءة و سلامة الاغشية و تعرف بانها الفرق بين تركيز الاملاح في المياه المغذية للوحدة و المياه العذبة الناتجة مقسوماً على تركيز الاملاح في المياه المغذية للوحدة

TDS) F) – TDS) p

X100 Reject % = ---------- %

TDS) F)

فمثلا اذا ادخلنا الى وحدة التناضح ماء مالح يحوي على(333 ملغم /لتر) من الاملاح و خرج الماء العذب من الوحدة يحوي على (33 ملغم /لتر) فان نسبة التخلص من الاملاح

333-33

% Reject = ---------- X100 %

333

= 90%

و ينبغي الاشارة الى انه كلما كانت قيمة المردود عالية فان ذلك يعني عدم الحصول على انه افضل واقل ملوحة للمياه المنتجة . بمعنى ان العلاقة بين المردود Recovery ونسبة التخلص من الاملاح Rejection هي علاقة عكسية . كقاعدة عامة فإنه كلما كانت ملوحة الماء المغذي عالية - كماء البحر - فان نسبة التخلص من الاملاح تكون عالية بالرغم من ان المردود منخفض .

(4-ح- 3) معامل الانسداد Slit Density index

وهو في الواقع لا يعبر عن كفاءة الوحدة ولكنه مقياس لنوعية و كمية الملوثات في الماء المغذي للوحدة والتي تتمتع بقدره ملحوظة على غلق مسامات الغشاء و يعتبر مفتاحاً للحكم على الماء المغذي و مدى حاجاته للمعالجة الاولية .

يتم قياس هذا المعامل بتمرير حجم معين من الماء المالح المراد تغذيته للوحدة من خلال فلتر غشائي مساماته 45.0 ميكرون Micron وتحت ضغط معين .

لنفرض ان الزمن اللازم لعملية الفلترة هو (ti) ويتم احياناً اختيار 15 دقيقة لذلك .

يمكن تعريف معامل الانسداد كما يلي

$$SDI = \frac{(1 - (Ti / TF)) \times 100}{TT}$$

حيث :

TF: الزمن مقدراً بالثانية عند بدء الاختبار لفلتر حجم معين من الماء

TT : الزمن مقدراً بالثانية عند نهاية الاختبار اللازم لفترة حجم معين من الماء يجب ان يكون معامل الانسداد دائما اكبر من 3

(5) خاتمة :-

مقارنة تقنيات التناضح العكسي مع عمليات التحلية الاخرى :-

لقد اصبحت تكنولوجيا الاوزوموزية العكسية من اهم التقنيات المستعملة في تحلية المياة واستطاعت ان تغطي على الطرق الاخرى للتحلية لاسباب كثيرة فأذا ماعدنا لطرق التحلية السابقة وقارناها مع طريقة الانتشار الغشائي العكسي لوجدنا المبررات الكافية لذلك

- فمثلا طريقة الديلزة الكهربائية تعاني من مشاكل التشغيل والمراقبة المستمرة والصيانة المتكررة والكلفة المرتفعة للاغشية النوعية وكلفة التركيب ممايعكس على كلفة انتاج الماء العذب.
- اما طرق التجميد تحتاج الى عمليات تبريد وهي عمليات ذات كلفة عالية ودقيقة وتحتاج الى عزل الانابيب والاوعية كما تعاني من مشكلة صعوبة نقل وتنقيط بلورات الثلج الصادرة من عملية التجميد.
- عمليات التبادل الايوني هي العمليات الاكثر دقة وحساسية من التناضح العكسي فلا يمكن استخدامها الا على مياه متوسطة المولحة ولاتستعمل عادة لتحلية المياه المالحه جدا لاغراض الشرب.
- وان كان هناك امثلة على استخدم التبادل الايوني لاغراض الشرب مثل محطة تم اقامتها على البحر الاحمر لتمد جزءاً من مياه الشرب لمدينة زيلات بفلسطين المحتلة ، وتتغذى هذه المحطة من مياه جوفية في تلك المنطقة.

ان المشكلة الرئيسية هي وحدات التبادل الايوني قلة قدرة الدرزن على تحلية المياه المالحة بحيث يحتاج الى عمليات تنشيف مستمرة متقاربة مما يؤدي الى استهلاك كميات كبيرة من المواد الكيميائية الازمة للتنشيف .

واخيرا تبقى عملية التقطير وباخاصة عملية التقطير الوميضي متعدد المراحل (M S F) هي المنافس الحقيقي لعمليات التناضح العكسي (R.O) "

تتفوق عمليات (R.O) على (M S F) في امور عدة اهمها استهلاك الطاقة فمن الواضح ان الطاقة الازمة للتقطير اكبر بكثير من الطاقة الازمة في الاوزموزية العكسية . وبالرغم من ذلك نجد ان (65%) من محطات المملكة العربية المتحدة تستخدم طريقة التقطير (M S F) بينما نجد ان (30%) تعمل بطريقة التناضح العكسي (R.O) ، السبب الرئيسي هو توفر الوقود الازم للتبخير بثمن واطئ بسب وفرة النفط في الجزيرة العربية .

ولقد كانت السعودية من اوائل الدول التي قامت بترتيب اضخم محطات التناضح العكسي في العالم بسبب معاناتها في شحة المياه .

وتعتبر تقنيات الـ (R.O) مقارنة مع ال (M S F) اقل كلفة من نفقات التشغيل وصيانة وكلفة الماء الصافي كما انه لايعاني من مشكلة تأكل الانابيب والاوعية من اهم مشاكل التقطير

وتؤدي زيادة تكاليف الصيانة الى ضياع الوقت في عمليات التنظيف والتخلص من القشور المترسبة في اوعية التبخير

ان تكنولوجيا التبخير اخذت في التوسع والتطور في كل انحاء العالم لتصبح الخيار الاول في عمليات تحليه الماء بعد ان كانت من العمليات المحصروة في التجارب المختبرية في السبعينيات من القرن الماضي ومن يدري من ستبقى هذه التقنية في الطليعة ؟ وماهي التكنولوجيا المنتضرة التي ستحل مكانها .

المراجع

1. معالجة المياه ، م عبد الكريم درويش ، دار المعرفة ، الطبعة الاولى ، دمشق ، 1977
2. تنقية المياه المالحة ، ك ، شبيلجر ، جامعة كاليفونيا ، ترجمة د. مصطفى محمد السيد ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة ، السعودية ، الطبعة الاولى ، 1987
3. تلوث البيئة ، د . شفيق محمد يونس ، دار الفرقان ، عمان ، الطبعة الاولى ، 1999
4. تحويل الماء الملح الى ماء عذب ، يونس مصطفى الحاروني ، سلسلة العلم للجميع ، بيروت ، لبنان
5. منهاجي ، الصف التاسع الاساسي
6. مجلة التايم ، عدد 9 ، يونيو 2014، ، صفحة 41
7. Transport process and unit operation , Chrisite j.Greankoplis I, 2nd Edition , 1983
8. Mettito , Custom Eng.land Base on Desalination plants, process Manual
9. K.W.Boddeker, H.Strathmann:Die Membranfiltration, chemie in unserer Zeit, 8.jahrg. 1974, s.105